

ACTIVATED CARBON PRODUCTION FROM TURF SOIL

PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI TANAH GAMBUT

Sani

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UPN "Veteran" Jatim
Jl Raya Rungkut Madya Gunung Anyar Surabaya
e-mail: Sjamsani@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia is one of the country that proposed as a country tag has the world's largest peat, while the carbon content in peat is quite high, namely $\pm 60\%$. To increase the economical value of peat in a manner that is processed into activated carbon. This research aims to make activated carbon from the peat soil and nutrient concentrations studied the influence of activators and activation times for the quality activated carbon produced. Raw materials used to make activated carbon is peat derived from central Kalimantan. H_2SO_4 solution is used as the activator. While Iod solution, a solution of potassium iodide and thiosulphate solution 0.1 N is used as active carbon absorbent testing agent. Set of variables: 550 0C temperature carbonization, carbonization time of 2 hours, peat, coal 40 mesh particle size, weight of 100 grams of active carbon, the comparison of the char activator 1: 10 and the drying temperature is 120 0C. Carried out activator concentration are 5%, 10%, 15%, 20% and 25% and time of immersion / activation are 1, 1.5, 2, 2.5, 3 (h). Research results are measured from the active carbon absorbent rate of Iodine solution. Best results absorbed rate measured as 21.88% were obtained in 20% H_2SO_4 concentration and activation time of 2.5 hours.

Key words: active carbon, peat, activator, carbonization, absorbent rate

PENDAHULUAN

Kebutuhan industri akan karbon aktif dari tahun ke tahun semakin meningkat. Hal ini menyebabkan perlunya upaya pembuatan karbon aktif dari berbagai macam bahan, terutama bahan yang kandungan karbonnya tinggi misalnya : batubara, kayu, tempurung kelapa, ampas tebu, dan sebagainya. Berbagai cara pembuatan karbon aktif dengan bahan baku yang berbeda – beda telah dilakukan, salah satunya adalah pembuatan karbon aktif dari tanah gambut, karena kandungan karbon dari tanah gambut relatif tinggi ($\pm 60\%$) dan banyak terdapat di Indonesia.

Berdasarkan lingkungan tumbuh dan pengendapannya gambut di Indonesia dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu :

1. Gambut Ombrogenous, dimana kandungan airnya hanya berasal dari air hujan. Gambut jenis ini dibentuk dengan

lingkungan pengendapan dimana tumbuhan pembentuk yang semasa hidupnya hanya tumbuh dari air hujan, sehingga kadar abunya adalah asli (inherent) dari tumbuhnya itu sendiri.

2. Gambut Topogenous, dimana kandungan airnya hanya berasal dari air permukaan. Jenis gambut ini diendapkan dari sisa tumbuhan yang semasa hidupnya tumbuh dari pengaruh elemen yang terbawa oleh air permukaan tersebut.

Daerah gambut topogenous lebih bermanfaat untuk lahan pertanian dibandingkan dengan gambut ombrogenous, karena gambut topogenous relatif lebih banyak mengandung unsur hara. (Ernawati H, 2002)

Pembuatan karbon aktif dari berbagai macam bahan berkadar karbon tinggi tergantung pada proses pengaktifan dengan menggunakan bahan pengaktif (aktivator)

yang dapat memperluas permukaan karbon dengan membuka pori-pori tertutup sehingga daya adsorbsinya lebih tinggi.

Diperkirakan bahwa karbon aktif tersusun dari pertikel-partikel amorf sehingga terjadi susunan kompleks dari bentuk-bentuk yang tidak beraturan dan saling berhubungan dengan pori-pori ataupun luas permukaan diantara partikel tersebut, baik permukaan berukuran 300 – 2000 m²/g maupun yang berukuran lebih dari 2000 m²/g. (NOSB TAP, 2002). Adsorpsi sangat dipengaruhi oleh sifat permukaan adsorbent maupun adsorbatnya. Permukaan adsorbent cenderung mengikat adsorbat yang sejenisnya. Permukaan karbon aktif umumnya bersifat non polar namun kenyataannya dan prakteknya menunjukkan beberapa kompleks karbon oksigen menyebabkan permukaannya sedikit polar, jadi dapat ditekankan bahwa area permukaan yang luar biasa dan volume pori-pori, memberikan kapasitas adsorpsi yang unik dan besar. (NOSB TAP, 2002).

Ada beberapa jenis karbon aktif, baik dari segi fungsi, maupun bentuk ukuran. Berdasarkan fungsinya karbon aktif dibagi menjadi dua, yaitu 1). *Gas adsorbent carbon*, untuk pemurnian uap dan gas, 2). *Liquid phase carbon*, untuk pemurnian zat cair. Perbedaan utama dari dua macam karbon diatas terletak pada distribusi luas area permukaan dimana *gas adsorbent carbon* umumnya antara 1000 – 2000 m²/g dan ukuran pori-pori yang paling kecil sekitar 20 Å serta yang paling besar lebih dari 1000 Å. Sedangkan ukuran dari *liquid phase carbon* adalah antara mikrofor dan makrofor dari *gas adsorbent carbon*. Dari bentuk fisik, karbon aktif dapat berupa bubuk dan granular, kedua tipe banyak digunakan dalam industri. (Kirk Othmer, 1992).

Zat – zat yang dipergunakan dalam proses aktivasi yaitu zat yang akan menempel pada permukaan arang aktif. Zat tersebut antara lain ZnCl₂, H₃PO₄, CaCl₂, NaCl, dan lain sebagainya. Sebelum diberi zat aktivator, arang tersebut masih kaku dan belum dapat dikatakan arang aktif. Mutu arang aktif yang dihasilkan tergantung dari bahan baku, bahan pengaktifan dan cara pembuatannya. Untuk menaikkan aktivasi daya adsorpsi arang, banyak digunakan bahan kimia. Menurut Othmer, 1940, bahan kimia yang baik digunakan adalah Ca(OH)₂, CaCl₂, Ca₃(PO)₄, H₂SO₄, ZnCl₂ dan lain-lain.

Sifat-sifat beberapa aktivator :
Sodium hidroksida mempunyai melting point : 318,4°C dan boiling point : 1390°C,

CaCl₂ melting pointnya : 772°C dan boiling pointnya : >1600°C, H₂SO₄ mempunyai melting point : 10,49°C dan boiling pointnya : 732°C, sedangkan Ca(OH)₂ mempunyai melting point : 580°C. (R.Perry, 1997).

Karbon aktif telah digunakan secara luas dalam industri kimia, makanan/minuman dan farmasi. Pada umumnya karbon aktif digunakan sebagai bahan penyerap dan penjernih. Dalam jumlah kecil digunakan untuk katalisator.

Karbonisasi

Proses karbonisasi adalah pemanasan suatu material biomassa pada temperature relatif tinggi dengan jumlah oksigen yang dibatasi untuk menghilangkan kandungan zat volatile sehingga menghasilkan arang atau karbon. Pengertian adsorpsi adalah penyerapan adsorbat oleh adsorbent dimana hal ini disebut fenomena sorpsi. Materi yang diadsorpsi disebut adsorbat, zat pengadsorpsi disebut adsorbent.

Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi pada fase liquid ataupun gas adalah 1). Waktu kontak antara adsorbat dengan adsorbent. 2). Luas permukaan dimana berhubungan langsung dengan efektifitas penyerapan.

Pelepasan bahan volatile untuk gambut dapat dibagi menjadi beberapa fase :

1. Fase pemanasan awal (20-120°C), pada fase pemanasan awal ini, kandungan air bahan mulai terlepas dan terbentuk CO dan CO₂.

2. Fase pengeringan (120-200°C), pada fase pengeringan yang berada pada kisaran suhu 120-200°C, air yang teradsorpsi oleh partikel gambut akan terdesak keluar, pembentukan CO dan CO₂ masih berlanjut, bahan volatile yang keluar akan semakin banyak.

3. Fase karbonisasi awal (200-240°C), sampai dengan suhu 280°C tar yang terbentuk mulai semakin banyak demikian juga gas-gas hydrogen, methan, dan hidrokarbon lainnya, sejumlah kecil CO dan CO₂.

4. Fase karbonisasi utama (400-520°C), dengan bertambahnya temperature, jumlah bahan yang volatile yang dihasilkan akan semakin banyak, produk utama dalam gas adalah CH₄, H₂, dan CO. Tar yang terbentuk jumlahnya lebih sedikit dari fase sebelumnya. Kadar O dan H dalam residu berkurang.

5. Fase past karbonisasi ($520-700^{\circ}\text{C}$), pada tahap ini terjadi secondary cracking (perengkahan sekunder) pada bahan-bahan volatile yang dihasilkan. Bila waktu pemanasan diperpanjang maka reaksi aktivasi yang terjadi dapat menaikkan daya serap arang aktif sampai pada waktu tertentu daya serap arang aktif tersebut akan turun. Penyebabnya adalah reaksi aktivasi yang terjadi merusak struktur arang yang dipakai. (Othmer and Fhustam, 1943). Pemakaian zat pengaktif juga dapat memperbesar daya serap arang aktif, ini hanya berlaku sampai konsentrasi tertentu, karena pemakaian konsentrasi yang berlebih dapat merusak susunan molekul arang aktif (Kirk-Othmer, 1992).

Aktivasi adalah proses penambahan zat kimia (activator) yang bertujuan untuk membangun porositas dan memperbesar luas permukaan (Kirk Othmer, 1983). Pemberian activator diupayakan kondisi daya serap yang masih lemah karena masih mengandung komponen persenyawaan hidrokarbon yang masih tertinggal pada permukaan arang, dan dengan menghilangkan hidrokarbon tersebut diharapkan akan menjadi zat aktif. Proses aktivasi ada dua cara yaitu secara fisis dan secara kimia, dimana aktivasi secara kimia berlangsung pada suhu yang lebih rendah dibandingkan aktivasi secara fisis. (<http://en.wikipedia.org/wiki/activated-carbon>).

Proses aktivasi dapat dilakukan sebelum proses karbonisasi atau setelah karbonisasi. Aktivator ditambahkan guna mengikat karbon serta sebagian besar hydrogen yang terikat pada titik-titik yang tidak jenuh. Akibatnya kelompok-kelompok molekul yang sangat besar dari atom karbon yang terikat satu sama lainnya akan ditembus oleh lubang-lubang sebesar molekul yang membentuk rongga dan melalui proses adsorpsi terjadi.

Adapun beberapa metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan arang aktif adalah:

1. Aktivasi secara langsung (secara kimia), yaitu suatu proses dimana pengarangan dan aktivasi dilakukan bersama-sama didalam tangki pengarangan setelah bahan dicampur terlebih dahulu dengan aktivator.
2. Aktivasi taklangsug (secara fisika), yaitu proses bahan baku diproses terlebih dahulu (karbonisasi), kemudian arang yang

dihasilkan diaktifkan dengan penambahan activator. Penelitian ini bertujuan untuk membuat karbon aktif dengan mempelajari pengaruh konsentrasi zat pengaktif dan waktu aktivasi terhadap mutu karbon aktif yang dihasilkan.

METODOLOGI

Bahan baku yang digunakan untuk membuat karbon aktif adalah tanah gambut yang diperoleh dari Kalimantan Tengah.

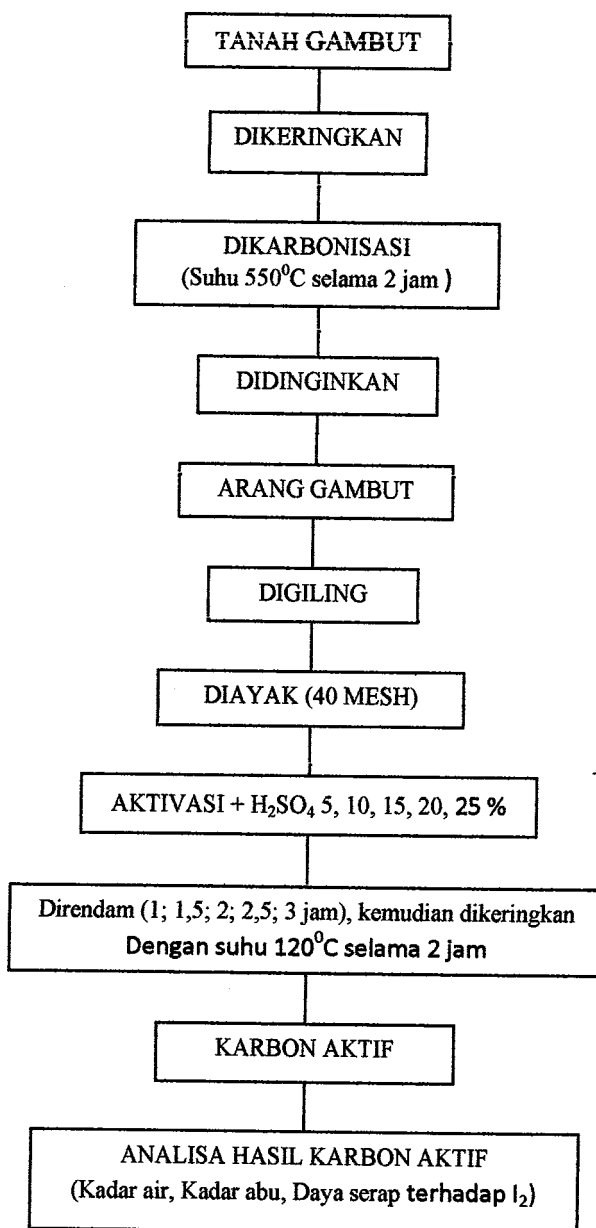
Sebagai aktivator yang digunakan adalah larutan H_2SO_4 . Sedangkan untuk menguji daya serap digunakan larutan iod, larutan kalium iodida, dan natrium thiosulfat 0,1 N. Sedangkan untuk proses pengenceran dan pencucian hasil karbon aktif yang diperoleh digunakan aquadest.

Alat yang digunakan adalah alat pirolisis untuk proses karbonisasi, yang dilengkapi dengan thermokopel untuk pengaturan temperature. Kondensor yang berfungsi sebagai pendingin, yang disanglah dengan statif, erlenmeyer untuk menampung uap dan tar yang keluar melalui kondensor.

Peubah yang ditetapkan adalah temperatur karbonisasi 550°C , waktu karbonisasi gambut 2 jam, ukuran partikel arang 40 mesh, berat arang 100 gram, perbandingan arang dengan aktivator (1:10), suhu pengeringan 120°C . Peubah yang dijalankan adalah konsentrasi zat pengaktif : 5 %, 10 %, 15 %, 20 % dan 25 %.

Waktu perendaman/aktivasi (jam)

: 1 ; 1,5 ; 2 ; 2,5 ; 3



Gambar 1. Bagan Proses Pembuatan Karbon Aktif dari tanah Gambut

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis bahan (tanah gambut) sebelum proses karbonisasi dan aktivasi seperti tersebut pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis tanah gambut sebelum proses karbonisasi dan aktivasi

No	Parameter (%)	Hasil Analisa
1	Kadar Air	15,03
2	Kadar Abu	5,20
3	Sulphur	0,6
4	Carbon	48,6

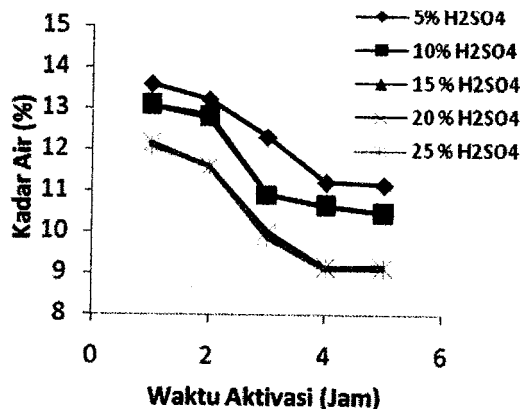
Hasil analisis yang telah dilakukan pada karbon aktif dari tanah gambut, meliputi : kadar air, kadar abu, dan daya serap karbon aktif terhadap iodine (I_2).

1. Kadar Air.

Tabel 2. Hasil Analisis kadar air dari karbon aktif

Waktu Aktivasi (Jam)	Konsentrasi H_2SO_4				
	5	10	15	20	25
1	13,60	13,22	12,32	11,21	11,15
1,5	13,08	12,86	10,90	10,64	10,46
2	12,34	12,05	10,05	9,32	9,25
2,5	12,15	11,60	10,00	9,14	9,16
3	12,10	11,59	9,86	9,10	9,10

Berdasarkan Tabel 2. dapat kita lihat bahwa semakin lama waktu aktivasi dan semakin tinggi konsentrasi activator, kadar air cenderung semakin kecil



Gambar 2. Hubungan antara kadar air terhadap waktu aktivasi dengan berbagai konsentrasi H_2SO_4

Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin lama waktu aktivasi, kadar air cenderung semakin kecil. Pada waktu aktivasi 1 jam, nilai kadar air mencapai nilai 13,60 %. Nilai ini akan semakin turun dan penurunan paling tampak terjadi pada waktu aktivasi 2,5 jam. Yaitu mencapai nilai 12,15 % hingga 9,14 %. Hal ini disebabkan oleh struktur karbon aktif yang

tersusun dari 6 atom C pada setiap sudut heksagonal, yang memungkinkan butir-butir air terperangkap didalamnya. Dan karena tujuan aktivasi adalah memperluas permukaan pori-pori karbon, jadi pada waktu aktivasi yang lebih lama, butir-butir air ini akan semakin banyak yang terlepas, seiring lepasnya aktivator yang mengikat senyawa-senyawa tar dan pengotor, sehingga kadar airnya lebih rendah.

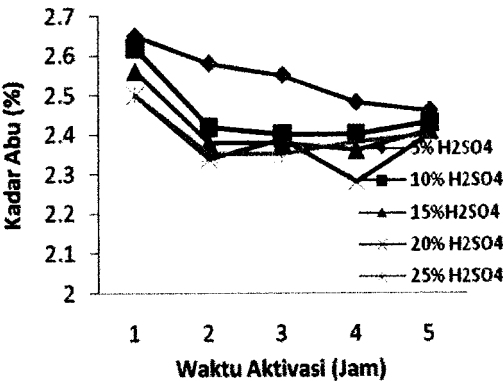
Semakin bertambahnya konsentrasi aktivator, juga membuat kadar air semakin rendah, karena semakin tinggi konsentrasi aktivator, luas permukaan karbon aktif akan semakin luas, menyebabkan kandungan air yang ada dalam pori-pori karbon akan lepas. Konsentrasi aktivator memberikan pengaruh pada proses aktivasi, yaitu semakin tinggi konsentrasi aktivator, semakin besar pula pengaruhnya untuk mengikat senyawa-senyawa tar keluar melewati rongga atau pori-pori dari karbon aktif, sehingga volume pori semakin luas. Dengan demikian daya serapnya semakin besar pula. Disamping itu, aktivator dapat mendegradasi-/mendehidrasi molekul organik selama proses karbonisasi/kalsinasi (Kirk-Othmer, 1992). Dari penelitian yang sudah pernah dilakukan yaitu menggunakan aktivator H₂SO₄, dimana konsentrasi aktivator yang optimum adalah 20%. (Karaman N, 2004). Pada konsentrasi H₂SO₄ 5 % nilai kadar airnya adalah 13,60 %. Nilai kadar air akan turun terus menerus dan penurunan secara signifikan terjadi pada konsentrasi H₂SO₄ 20 % dengan nilai 9,10 %. Ketika konsentrasi aktivator dinaikkan, membuat nilai kadar air semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kadar air yang optimum sudah dicapai pada konsentrasi H₂SO₄ 20 %. Syarat mutu karbon aktif untuk kadar air adalah maks 15 % (SII 0258-88). Sedangkan hasil analisa karbon aktif pada penelitian ini dari tanah gambut, kadar air yang didapat berkisar 9,10 % - 13,60 % sehingga memenuhi syarat.

2. Kadar abu.

Tabel 3. Hasil Analisis kadar abu dari karbon aktif

Waktu Aktivasi (Jam)	Konsentrasi H ₂ SO ₄				
	5	10	15	20	25
1	2,65	2,58	2,55	2,48	2,46
1,5	2,62	2,42	2,40	2,40	2,43
2	2,56	2,38	2,38	2,36	2,41
2,5	2,50	2,34	2,39	2,28	2,40
3	2,50	2,35	2,35	2,38	2,40

Tabel 3. Menunjukkan bahwa semakin lama waktu aktivasi dan semakin tinggi konsentrasi activator, kadar abu cenderung semakin turun.



Gambar 3. Hubungan kadar abu terhadap waktu aktifasi dengan berbagai konsentrasi H₂SO₄

Dari gambar 2 menunjukkan bahwa semakin lama waktu aktivasi, kadar abu cenderung semakin turun.. Pada konsentrasi H₂SO₄ 5 % dengan waktu aktivasi 1 jam, nilai kadar abu sebesar 2,65 %. Nilai ini akan semakin turun hingga mencapai 2,50 % pada waktu aktivasi 3 jam. Akan tetapi penurunan signifikan terjadi pada konsentrasi H₂SO₄ 10 % dari konsentrasi H₂SO₄ 5 % yaitu mencapai nilai kadar abu sebesar 2,34 %. Nilai kadar abu pada konsentrasi H₂SO₄ 15 %, 20 %, maupun H₂SO₄ 25 %. Hasil nilai yang optimum untuk kadar abu dicapai pada konsentrasi H₂SO₄ 20 % dan waktu aktivasi 2,5 jam dengan nilai 2,28 %. karbon. Berdasarkan penelitian pendahulu dengan menggunakan bahan baku serutan bambu dengan aktivator Ca(OH)₂, didapatkan waktu aktivasi yang paling optimal adalah 2 jam. (Rukmanto S dan Abbas F, 2005).

Syarat mutu karbon aktif untuk kadar abu adalah maksimum 10 % (SII 0,258-88), sedangkan hasil penelitian kadar abu pada penelitian ini adalah berkisar antara 2,40 – 2,65 % sehingga memenuhi syarat.

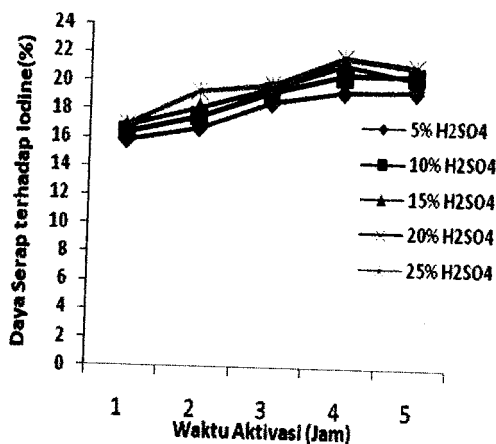
3. Daya Serap Terhadap Iodine (I₂).

Dari Tabel 4. Menunjukkan bahwa daya serap karbon aktif terhadap iodine semakin lama akan semakin naik seiring dengan bertambahnya konsentrasi aktivator dan semakin lamanya waktu aktivasi.

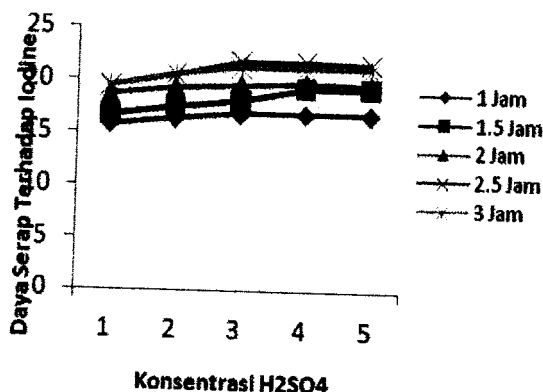
Tabel 4. Hubungan antara waktu aktivasi terhadap daya serap iodine pada berbagai konsentrasi H_2SO_4

Waktu Aktivasi (Jam)	Konsentrasi H_2SO_4				
	5	10	15	20	25
1	15,81	16,74	18,60	19,42	19,50
1,5	16,42	17,58	19,38	20,56	20,58
2	16,85	18,22	19,65	21,32	20,31
2,5	16,90	19,38	19,88	21,88	21,25
3	16,88	19,36	19,80	21,80	21,20

Dari gambar 4 dan 5 menunjukkan hubungan antara konsentrasi H_2SO_4 dan waktu aktivasi terhadap daya serap terhadap Iodine terlihat bahwa:



Gambar 4. Hubungan daya serap iodine terhadap waktu aktifasi pada berbagai konsentrasi H_2SO_4



Gambar 5. Hubungan daya serap iodine terhadap konsentrasi H_2SO_4 pada berbagai waktu aktifasi

Konsentrasi aktivator

Pada konsentrasi 5 % H_2SO_4 daya serapnya sebesar 15,81 % hingga 16,88 % semakin meningkat hingga 21,20 % terjas pada konsentrasi 20 % H_2SO_4 . Akan tetap pada saat konsentrasi H_2SO_4 kita naikkkan menjadi 25 % nilai daya serap karbon aktif terhadap I_2 akan menurun. Penambahan konsentrasi aktivator ternyata mempengaruhi daya serap dari karbon aktif. Pada hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai daya serap karbon aktif meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah konsentrasi dari aktivator. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan aktivator, cenderung dapat mengikat zat-zat volatile yang masih tertinggal dan menutupi sebagian pori-pori arang selama proses karbonisasi dan mendorongnya keluar melewati mikro pori-pori. Hal ini sesuai dengan pendapat (Tutik dkk, 2001 dalam Jeanette M dkk, 1996) bahwa semakin tinggi konsentrasi aktivator, semakin besar pula pengaruhnya untuk mengikat senyawa-senyawa tar keluar melewati rongga atau pori-pori karbon aktif. Sehingga volume porisemakin luas, dengan demikian daya serapnya semakin besar pula. Pada penelitian yang kami lakukan, didapat konsentrasi H_2SO_4 yang optimum adalah 20 %.

Waktu aktivasi

Waktu aktivasi juga memegang peranan penting dalam proses aktivasi. Jika waktu yang dibutuhkan terlalu sebentar, dikhawatirkan bahan aktivator tidak akan terlepas sempurna dari karbon aktif. Sedangkan jika terlalu lama, maka struktur karbon aktif bisa rusak. Peningkatan waktu aktivasi juga mempengaruhi daya serap dari karbon aktif. Pada hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu aktivasi, daya serap terhadap Iodine cenderung semakin tinggi. Pada waktu aktivasi 1 jam, daya serapnya sebesar 15,81 % sampai 19,50 %. Dan semakin meningkat hingga sebesar 21,80 % pada aktivasi 3 jam peningkatan daya serap karbon aktif dengan semakin lamanya waktu aktivasi karbon karbon aktif ini terjadi karena selama proses berlangsung, larutan aktivator melarutkan lebih banyak tar dan pengotor lainnya yang dapat dilarutkan dan akhirnya dibuang atau dipisahkan dari karbon, sehingga semakin besar daya serap karbon aktif yang diperoleh (semakin banyak Iodium yang dapat diserap).

Pada penelitian yang kami lakukan, didapat waktu aktivasi yang optimum adalah 2,5 jam. Hal ini sesuai dengan percobaan

terdahulu yang mendapatkan waktu optimum dikisaran 2 jam. Syarat mutu karbon aktif untuk daya serap terhadap Iodine (I_2) adalah min 20 % (SII 0258-88). Sedangkan hasil analisa karbon aktif dari tanah gambut, daya serap terhadap Iodine (I_2) yang didapat 21,88 %. Sehingga memenuhi syarat.

KESIMPULAN

Hasil penelitian pembuatan karbon aktif dari tanah gambut dapat disimpulkan bahwa waktu aktivasi mempengaruhi nilai kadar air kadar abu pada hasil karbon aktif, semakin lama waktu aktivasi semakin kecil nilai kadar air maupun kadar abunya. Konsentrasi larutan H_2SO_4 yang ditambahkan mempengaruhi hasil penyerapan karbon aktif terhadap iodine. Hasil terbaik pada penelitian ini diukur dari daya serap karbon aktif terhadap Iodine (I_2) yaitu diperoleh nilai 21,88 % pada konsentrasi H_2SO_4 20 % dan waktu aktivasi 2,5 jam. Proses pembuatan karbon aktif dengan metode aktivasi secara fisika didapatkan nilai daya serap terhadap I_2 sebesar 21,88 %, sedangkan pada proses aktivasi secara kimia sebesar 23,86 %.

SARAN

Berdasarkan kesimpulan tersebut di atas perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan peningkatan suhu karbonisasi tanah gambut. Dengan menggunakan aktivator H_2SO_4 sebaiknya dilakukan pada konsentrasi diatas 25 % dan waktu aktivasi diatas 3 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Ernawati. H, 2002, "Pemanfaatan Lahan Gambut Untuk Tanah Pertanian", Bogor : IPB
http://en.wikipedia.org/wiki/activated_carbon
http://www.peat_portal.net/view_file.cfm
- Kirk-Othmer, 1992, "Encyclopedia Chemical Technology 2nd ed, vol 4", John Willy and Sons
- Kirk-Othmer, 1992, "Encyclopedia Chemical Technology 2nd ed, vol 12", John Willy and Sons
- Kvech.S and Tull. E, 1998, "Activated Carbon", Environmental Information Management Civil Engineering Dept, Virginia Tech
- National Organic Standards Board Technical Advisory Panel, 2002, "Activated Carbon Processing), USDA National Organic Program : OMRI
- Noor.M and Sarwani.M, 2003, "Pertanian Di Lahan Gambut : Masa Lalu, Kini, dan Besok", Banjarbaru : Balai Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa
- Robert H. Perry, 1997, "Perry's Chemical Engineering Hands Book 7th ed, New York : Mc Graw Hill
- Rukmanto S dan Abbas F, 2005, "Pemanfaatan Serutan Bambu Untuk Pembuatan Karbon Aktif Menggunakan Bahan Pengaktif $Ca(OH)_2$ ", UPN "Veteran": Jatim
- Standart Industri Indonesia (SII), SII.0258-88, Mutu dan Cara Uji Arang Aktif